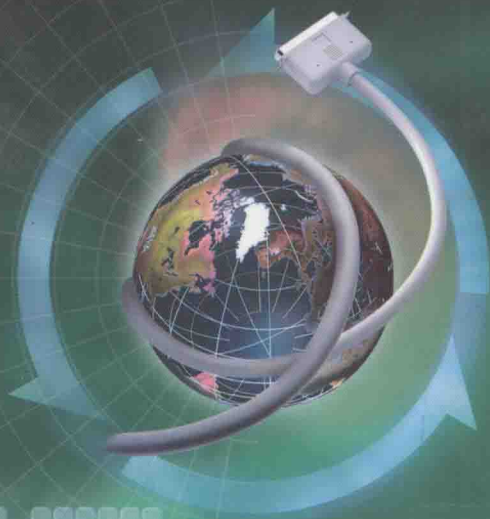


网络存储 及其军事应用

贾连兴 冯丹 李晨辉 主编

Network Storage and Military Application



国防工业出版社

National Defense Industry Press

网络存储及其军事应用

Network Storage and Military Application

贾连兴 冯丹 李晨辉 主编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书描述了网络存储发展历程,系统介绍了存储技术、典型网络存储系统和存储网格,分析了存储产业状况;研究了信息化战争条件下的网络存储,分析了美军典型网络存储系统。

本书适用于对网络存储感兴趣以及从事相关工作的技术人员和管理工作者,也可作为大专院校学生和教师的参考用书。本书的主要目的是希望能够为从事军队信息化建设的广大指战员和工程技术人员,提供一个全面的理论指导,促进军队信息化建设的不断发展。

图书在版编目(CIP)数据

网络存储及其军事应用/贾连兴,冯丹,李晨辉主编.

北京:国防工业出版社,2006.7

ISBN 7-118-04597-7

I. 网... II. ①贾...②冯...③李... III. ①计算机网络-信息存贮②计算机网络-信息存贮-应用-军事 IV. ①TP393.0②E919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 069350 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京四季青印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 13¼ 字数 300 千字

2006 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

网络存储及其军事应用

主 编 贾连兴 冯 丹 李晨辉

主 审 贾连兴

编著者 贾连兴 冯 丹 李晨辉 王洪海

曹建明 陈志峰 李彪院 夏启超

前 言

随着计算机和网络技术的快速发展,在世界范围内掀起了构建网络,实现政务和商务电子化的热潮。目前,在各种组织机构的商务和政务中,业务处理的数字化程度越来越高,而且对信息数据的依赖性也越来越强。最终,导致信息数据成为了我们未来社会发展中极其关键和重要的战略资源。而且,随着社会的不断发展,其信息量以指数方式持续增长,这对现有数据存储系统的容量、可靠性、可管理性以及数据的安全可用性等方面都提出了更高的要求。因此,可以说“信息技术已经从计算设备为核心的计算时代进入到以存储设备为核心的存储时代。”

这场以信息技术与信息资源为核心的科技高速发展所引起的社会变革,在影响人们生活方式和国际政治、经济、文化间关系的同时,还推动了世界范围内的新军事变革。研究发现,这场新军事变革的本质就是信息化,美军在这场军事变革中不可避免地担任了领头羊的角色。美军利用各种各样的信息系统和数字化装备为其部队在作战时提供数字化程度极高的信息资源保障,使其在作战时与敌方相比具有近乎绝对的信息优势。由此,我们可以看到信息技术的发展,直接导致了战争形态和作战方式的重大改变。在部队编制、作战力量组成以及战时指挥等方面都产生了质的飞跃,基本上摒弃了传统的机械化部队的相应模式。

全球信息化的发展,在带给我们广泛发展契机的同时,也带来了巨大的压力。我们可以通过这次新军事变革的机遇,来摆脱我国相应军事技术领域落后的局面,并且还可以在某些方面达到甚至超过发达国家的水平。所以,在进行我军信息化建设时,必须要认清并抓住重点,从实际出发,实现国防和军队现代化建设的跨越式发展,完成我军机械化和信息化建设的双重历史任务。

通过近年来美军的几次“半信息化”局部作战行动,可以清晰地看到信息化指控系统对军队作战行动的影响力,它必然会成为未来军队的主要基础支撑设施。目前,各国都不断加大对军队信息化建设的发展力度和资源投入。其中,发达国家的军事信息化建设速度很快,与落后国家相比,其时间差距最大可达到半个多世纪。这方面最具代表性的就是美军,其陆军的信息化装备已占其装备量的50%以上,海、空军的信息化装备已达到70%以上。而我军的信息化建设只是近几年才刚刚开始起步,在许多方面都落后于发达国家。面对如此巨大的差距,我们必须认真吸取发达国家军事信息化建设的经验与教训,充分利用信息技术的扩散性和渗透性,努力缩小与他们的差距。

信息系统中的主角是信息数据,而信息数据必须依托于存储系统才可以保存。若不能长期安全有效地存放已获取的信息资源,信息系统的使用价值将会大打折扣。因此,信息存储系统是信息系统中的主要组成部分和支撑平台。我们在进行军队信息化建设之前,必须要深入了解信息存储系统的体系结构和组成,并能够清楚地知道在不同作战环境中的存储解决方案及组织运用部署方案等。我们研究网络存储系统的技术构成、体系结

构和软件管理体系等方面,其主要目的是希望能够为构建适于军事应用环境,具有高可靠性、高抗毁性、高安全性和高可用性的信息网络存储系统提供知识储备,为实现我国国防信息化提供有力的技术支撑和保障。

本书主要是从网络存储技术、存储产业及未来存储的发展等多个方面,从技术与理论的不同层面,提出并介绍了网络存储的总体发展情况,并结合相关新军事理论与军队信息化建设等内容,分析并整理了军用网络存储系统的国内外发展现状。最终,我们希望读者通过本书,能够从总体上对存储系统的基本技术原理、构建方法以及存储的应用与管理有一个较为全面的了解,并希望本书能够为设计与实现我军的网络存储系统提供有价值的帮助。

全书共分为8章。其中,第1章主要介绍了网络存储的发展历程。内容包括了存储技术的发展过程、网络存储技术的定义和关键特性、网络存储在中国的发展现状以及未来发展趋势等几个方面。第2章主要介绍了构成存储系统的一些关键性技术,如存储介质、存储系统的接口总线和存储磁盘阵列等内容。第3章介绍NAS(Network Attached Storage)的基本理论。说明了SNIA的共享存储模式,并分析了几种主要的网络文件系统。然后,在此基础上对NAS的实现、应用与发展作了较为系统地描述。第4章主要对SAN(Storage Area Network)进行了系统介绍。在阐述了光纤SCSI体系结构的基础上,对FC-SAN和IP-SAN这两种主要存储区域网络的体系架构进行了具体分析,并对SAN的管理作了介绍。最后还指出了目前网络存储系统的实际应用发展趋势——NAS与SAN的融合。第5章根据信息网格的发展趋势,分析研究了存储网格体系的实现。首先简要说明了网格技术的关键内容和军事网格的内容与发展,然后结合网格技术和网络存储技术,初步论述了存储网格的基本理论与结构。第6章是网络存储产业的发展情况介绍,通过纵向介绍存储产业和各公司情况,以及横向的进行比较,使读者对产业发展有一个系统和客观的认识。本章的主要目的是在建设军用网络存储系统时,为军队工程技术人员在进行存储设备的采购与选型上提供知识帮助和技术分析。第7章分析了美军在构建军事信息存储系统时的发展策略和功能定位。通过研究信息化指控系统在美军作战训练中的应用,分析出信息存储系统在军事应用领域的关键性和决定性作用。第8章主要针对美军一些现有的网络存储系统,从构建需求、方案设计、系统分析等多个方面,详细地阐述了美军网络存储系统的构建过程。为下一步建设我军的网络存储系统提供指导性的意见与经验性的策略。

本研究受国家973项目“下一代互联网信息存储的组织模式和核心技术研究”(2004CB318201)资助。在本书的编写过程中,我们大量查阅了国内外各存储研究机构和存储厂商所提供的文档资料,并参考和引用了许多国内外相关书刊和文献。应该说我们的工作受益于在过去10多年里从事网络存储和军队信息化建设研究的人们的辛勤劳动。我们衷心感谢在这些领域辛勤工作的工程技术人员和理论研究人员,感谢给予我们大力支持的单位领导和同事们。另外,由于作者水平有限,加之网络存储技术发展很快,军事应用不断完善,书中难免有一些错误与不妥之处,敬请读者批评指正。

编者 2006年4月于汉口

目 录

第 1 章 网络存储发展历程	1
1.1 信息存储的历史	1
1.2 网络存储的出现	3
1.3 网络存储技术简述	5
1.3.1 NAS	5
1.3.2 SAN	6
1.3.3 NAS 与 SAN 的比较	7
1.4 国内网络存储的发展	8
1.4.1 国内存储领域概况	8
1.4.2 国内网络存储现状分析	9
1.4.3 国内网络存储的发展前景	10
1.5 网络存储技术的发展	11
1.5.1 DAFS 技术	11
1.5.2 基于 InfiniBand 的存储系统	12
1.5.3 存储虚拟化	13
1.5.4 存储网格技术	14
第 2 章 存储技术基础	16
2.1 存储介质	16
2.1.1 电存储介质	16
2.1.2 光存储介质	18
2.1.3 磁存储介质	22
2.2 存储总线接口	30
2.2.1 IDE 接口	31
2.2.2 SCSI 接口	34
2.2.3 InfiniBand 接口	36
2.2.4 外置存储设备常用接口	37
2.3 RAID 阵列技术	40
2.3.1 RAID 简述	40
2.3.2 RAID 的级别	41
2.3.3 RAID 组合技术	47

第 3 章 NAS	48
3.1 共享存储模型	48
3.2 DAS 存储方式	51
3.3 网络文件系统	52
3.3.1 NFS	52
3.3.2 CIFS	54
3.3.3 NFS 和 CIFS 的比较	56
3.4 NAS 存储系统	56
3.5 NAS 的实现	60
3.5.1 NAS 的硬件构成和拓扑结构	60
3.5.2 NAS 的软件构成	62
3.5.3 NAS 的实现	64
3.6 NAS 的备份与恢复	65
3.6.1 数据备份的基本概念	65
3.6.2 数据备份系统的发展	68
3.6.3 NAS 的备份与恢复	69
3.7 NAS 的发展	73
第 4 章 SAN	76
4.1 SAN 的概念	76
4.2 FC SAN	78
4.2.1 光纤通道内部解析	78
4.2.2 FC SAN 体系结构	86
4.3 IP SAN	97
4.3.1 FCIP	97
4.3.2 iFCP 及 mFCP	99
4.3.3 iSCSI	101
4.4 主要的 SAN 形式比较	104
4.5 SAN 的管理	106
4.5.1 SAN 管理概述	106
4.5.2 存储网络管理	107
4.5.3 存储资源管理	110
4.5.4 存储管理	110
4.6 SAN 与 NAS 融合	110
4.6.1 融合的原因	111
4.6.2 SAN 和 NAS 融合的实现	111
第 5 章 存储网格技术	115

5.1	网格技术及发展	115
5.1.1	网格的概念	115
5.1.2	网格的特点	116
5.1.3	网格体系的分类	117
5.1.4	网格的体系结构	118
5.1.5	网格的应用	120
5.2	军事网格的应用	121
5.2.1	军事信息系统与信息化战争的需求	121
5.2.2	军事信息系统的契机	122
5.2.3	军事网格的定义	123
5.2.4	构建我军军事网格的建议	124
5.3	存储网格技术	125
5.3.1	存储网格的定义	126
5.3.2	存储网格的特点	126
5.3.3	存储网络与存储网格	128
5.3.4	存储网格体系结构	130
5.3.5	设计存储网格时需考虑的问题	133
5.3.6	构建存储网格的关键	133
5.4	存储网格的未来	135
第 6 章	网络存储产业分析	138
6.1	网络存储产业发展	138
6.1.1	全球外部磁盘存储市场发展趋势	138
6.1.2	国内外部磁盘存储市场发展	139
6.2	网络存储技术的发展	141
6.2.1	信息生命周期管理	141
6.2.2	存储虚拟化	145
6.3	网络存储产品介绍	149
6.3.1	存储介质	149
6.3.2	NAS 网关	154
6.3.3	存储软件	155
6.3.4	SAN 互连设备	157
第 7 章	信息化战争下的网络存储	159
7.1	信息化战争	159
7.1.1	军事信息	159
7.1.2	军队信息化	162
7.1.3	信息化战争的特点	165

7.2	信息化战争下的网络存储	170
7.2.1	军用网络存储	170
7.2.2	军用网络存储的特性	173
7.2.3	军用网络存储的应用范围	175
7.2.4	军用网络存储系统的构建原则	176
7.2.5	军用网络存储系统的组成	177
7.3	美军网络存储系统建设特点	178
7.3.1	先进性和高可用性	178
7.3.2	安全性	178
7.3.3	高性能和高可靠性	178
7.3.4	可维护性和可管理性	179
7.3.5	开放性和可扩展性	179
7.3.6	民品化	179
第 8 章	美军存储系统实例分析	180
8.1	美国海军情报局存储系统	180
8.1.1	存储需求	180
8.1.2	解决方案	181
8.1.3	实例分析	181
8.2	美国陆军任职指挥部 SAN 系统	182
8.2.1	容灾系统方案	182
8.2.2	实例分析	183
8.3	美国空军战斗气候学中心存储系统	183
8.3.1	系统配置	184
8.3.2	实例分析	184
8.4	美国海军奈普逊存储区域网络系统	185
8.4.1	系统配置	186
8.4.2	实例分析	186
8.5	美国空军研究实验室存储系统	187
8.5.1	存储需求	187
8.5.2	实例分析	187
8.6	美国地面部署与配给司令部存储系统	189
8.6.1	存储需求	189
8.6.2	解决方案	190
8.6.3	系统分析	191
8.7	NASA 兰利研究中心存储系统	191
8.7.1	存储需求	191

8.7.2 解决方案	191
8.7.3 实例分析	192
8.8 美国陆军个人电子记录管理系统	192
8.8.1 存储需求	192
8.8.2 解决方案	193
8.8.3 实例分析	193
8.9 美国空军基地 SAN 系统	194
8.9.1 存储需求	194
8.9.2 解决方案	195
8.9.3 实例分析	195
8.10 NASA 戈达德航天飞行中心存储系统	197
8.10.1 存储需求	197
8.10.2 解决方案	197
8.10.3 实例分析	198
参考文献	199

网络存储发展历程

1.1 信息存储的历史

信息存储技术其实一直伴随着我们，并随着人类社会的不断进步，也在不断地改变自己的存在形式。早在远古时代，人类还没有使用语言文字来记录信息。为了记事（可抽象为一种存储信息的方式），人们在绳子上打结，用不同的打结方法和数量来记录不同的信息，当人类有了语言，就产生了另外一种保存和传递信息的方法：先辈把自己知道的事情讲述给后辈的人，而后辈的人再讲述给其下一代的人，就这样一代一代通过语言口头传递信息，这些方法是目前我们所知道的人类历史上最原始的信息存储技术。

信息存储技术的第一次质的飞跃是文字的产生。文字的出现，使人们可以把信息记载到一些载体上，从而实现长期有效地保存信息。从在石头、兽骨、金属、竹筒上刻字发展到将文字写在布匹和纸张上，利用文字的信息存储技术经历了一个很长的发展与演变期。随着社会的不断发展与进步，这些信息存储技术逐渐显露出致命的缺陷与不足：一是当存储的信息量过大时，所用的存储介质就会占据非常大的空间；二是这些存储技术只能记载静态的信息，而无法或完整地记录影像、声音等动态信息。

计算机技术的出现与发展促使信息存储技术经历了第二次质的变革。通过计算机信息技术，人们可以很好地解决先前信息存储技术所存在的一系列问题。从此，信息存储领域开始真正进入成熟期，其发展速度日新月异，新的信息存储理念和技术不断被推出。信息存储实际上是信息系统中的一部分，其与计算机系统与技术的联系非常紧密。因此，在讲述信息存储技术的发展历程时是依据计算机的发展为主线来引导的。

目前，存储信息主要是利用与电子存储介质、磁存储介质和光存储介质等相关的存储技术来实现。早期的计算机系统中是没有硬盘的，是利用在纸带或卡片上打孔的方法来记录数据。这种存储方式读写数据的速度很慢，而且纸带和卡片的保存也非常烦琐。后来，人们又利用磁带来存储数据。相对于纸带和卡片来说，磁带的读写速度要快许多，而且磁带也易于较长时间保存。时至今日，还能在网络存储系统中见到磁带库的大量应用。

提起存储技术，就不能不提及 IBM 公司。IBM 对存储技术和系统设备的产生与发展所提供的贡献是十分巨大的，IBM 一直推动和领导着存储领域的发展。历史上第一块硬盘 350 RAMAC（Random Access Method of Accounting and Control）就是由 IBM 在 1956 年研发成功的。虽然当时它的容量只有 5MB，读写速率只有 1.1KB/s，还不能算一块真

正意义上的硬盘，但是它却开创了信息存储技术的一个新时代。1968年，IBM又提出了“温彻斯特”硬盘存储技术，并在1973年制造出了第一块“温彻斯特盘”。1979年，IBM又发明了薄膜磁头技术，为提高硬盘容量和读写速度，减小体积质量打下了基础。到了20世纪80年代，IBM所研发的硬盘已经基本上具有了现代硬盘的雏形。1991年，IBM生产出了第一块使用MR磁头的硬盘，其存储容量为1GB。从此，信息存储进入了GB时代。

软件操作系统也对存储硬件的发展带来了十分重要的推动。早期的计算机系统没有配置硬盘，如IBM基于80286处理器的PC AT，它只配置了256KB的内存和720KB的软盘驱动器。这是因为当时微软（Microsoft）的DOS 3.2（磁盘操作系统）对硬盘的支持还不完善，若要安装硬盘驱动器，就必须再装一个专用的软件来识别和控制硬盘。在1985年之前，虽然有部分机型内置硬盘存储设备，但都由于技术和软件支撑的问题没有得到推广。直至Microsoft成功研发出Windows 1.0版操作系统后，计算机系统的标准配置才正式开始包括固定式硬盘存储设备。从此，硬盘也就作为标准的存储设备，成为计算机系统中的重要配件之一。

当硬盘成为计算机系统的一部分之后，其与计算机连接的接口部分的发展就开始成为硬盘发展的一个重要方面。从1984年IDE（ATA-1）接口的出现，到1989年E-IDE（ATA-2）标准的确立的时候，存储总线接口传输率达到了16.7MB/s，存储容量也超过了528MB。此后一段时间内，E-IDE标准经历了漫长的稳定期。其间虽然有一些小的修正，如FastATA（ATA-3）标准的推出，但用户最关心数据的读写速率却没有得到明显的改善。一直到1997年，UltraDMA/33（ATA-4）标准的推出，才使硬盘接口的传输率达到了33MB/s。随后不久，人们又推出了速度更快的UltraDMA/66、UltraATA/100和UltraATA/133技术。但是，133MHz的PCI总线频率使继续提升硬盘并行ATA的接口速率受到了限制。于是人们在2002年推出了串行ATA技术，也就是S-ATA标准。该技术的第一个版本就可以为IDE磁盘提供高达150MB/s的传输速率。而新的S-ATA标准中传输速率将会达到300MB/s。

和ATA技术一样，SCSI接口技术的发展也经历了漫长的过程，从1986年的5MB/s传输速率到现在的Ultr320的320MB/s。当然，SCSI技术也同样受到133MHz的总线频率瓶颈问题的困扰。为了解决这个问题，人们又提出了串行SCSI技术。它的第一个版本可提供300MB/s的传输速率，而最新的版本将能够支持高达600MB/s的传输速率。

与接口速率相比，磁盘容量的进步就显得非常惊人。目前，单个磁盘的容量已经达到了500GB甚至更高。然而速度和容量的进步，只不过是存储技术发展中的一个小小的伴音，存储系统结构和应用模式的发展与进步才是信息存储领域发展的真正主旋律。

20世纪90年代中后期，光纤通道技术的发展促使了SAN存储体系的出现。SAN即存储区域网络，它与传统的直接附接存储相比有着质的转变。首先，它基于先进的光纤通道技术，可提供更高的传输性能和连接能力；其次，它提供一个专门用于数据存储的网络，使数据存储的相关操作完全与用户主机脱离，提高了数据自身的安全性和一致性；并还可以在不影响用户网络环境的情况下，实现数据的自动备份与恢复等。

SAN 架构的提出，标志着信息存储已经成为一个相对独立的技术领域展现在人们的面前。

存储领域的另一个主要发展方面是 NAS，即网络附加存储。NAS 是一种直接连接到用户网络环境中并具有数据存储能力的设备。NAS 系统实际上就是进行了专用优化的文件服务器，所以又被称为“瘦”文件服务器。NAS 提出的关键是为人们扩展出一种不同于 SAN 的存储系统架构，丰富了网络存储系统的应用范围和环境。

在存储硬件技术不断发展和创新的同时，存储管理软件技术也在蓬勃地发展着。虚拟存储、信息生命周期和基于对象的存储等新型存储理论和技术，以及各种存储管理规范 and 标准正不断被人们应用到实际的系统之中。今日的信息存储领域，一方面各种新的技术和应用模式层出不穷；另一方面各种产品技术不断地融合。随着信息存储技术的不断发展和进步，信息存储系统的地位与价值将会得到社会各界越来越多的重视。

1.2 网络存储的出现

如今人类已经从工业时代进入了信息时代。根据信息和网络技术的特点，信息时代具有与以往不同的特征：一是信息的传播速度快，数量增长快；二是信息在人们社会生活中的地位和影响越来越大。1998 年的图灵奖获得者 Jim Gray 发表了信息领域著名的“摩尔定律”：每 18 个月内全球新增加的信息量等于人类有史以来全部信息量的总和！这听起来好像难以置信，但事实的确如此。信息资源数量的飞速膨胀导致我们必须要考虑如何实现对海量数据的保存和传输，并且还要保证能够满足用户使用信息资源的各种需求。另外，随着社会信息化程度的深入和推广，使人们逐渐认识到信息安全的重要性。目前，各类应用服务不仅要求信息数据安全可用，同时还要求在各种突发状态下，如设备故障、数据遭受破坏、发生区域性灾难（诸如洪水、火灾、恐怖袭击、大规模电力故障）等情况下的安全备份恢复能力。此外，通信网络的发展与广泛应用对信息数据共享提出了更严格的要求，即数据应该具有跨系统、跨平台、跨区域的能力。数据存储服务不应受系统、地域的约束，而只应该受到安全管理机制的限定。简单地说，也就是每一个合法的用户，都应该能够在其权限范围内对信息数据进行相应地存取操作。但要实现分布式、异构环境下的数据安全有效地认证及权限管理并不是一件易事。巨大的数据量以及对数据安全、共享、管理等方面的要求对信息存储技术的发展提出了更高的要求与挑战。要想有效地解决这些问题，就必须要有一套安全可靠的数据存储体系架构和运用机制。

传统的存储模式称为总线附接存储（BAS, Bus Access Storage），或叫直接附连存储（DAS, Direct Access Storage），其拓扑结构如图 1-1 所示。它是一种以服务器为中心的存储架构，各种存储设备通过 I/O 总线与用户网络（LAN）上的通用服务器相连和相互通信。其工作原理是：客户端要访问存储设备上的数据时，必须先向服务器发出请求信息，服务器接受请求后，对相应的请求进行命令解析，然后再到存储设备上读取相关的数据信息并转发给相应的客户端。

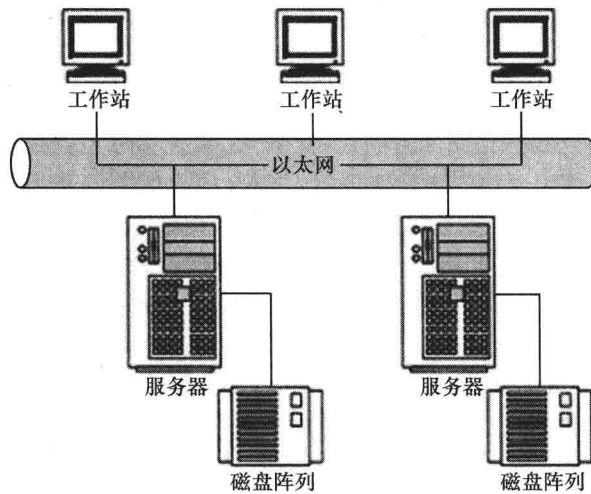


图 1-1 传统存储方式

这种存储方式有几个主要的缺点：一是存储容量受限。要想增加存储容量，只有两种基本方法，即用大容量的存储设备替换现有的存储设备或是增加存储设备数量，叠加大容量的存储设备群。第一种方法虽然简单可行，但终究单个存储设备的容量还是有限，不能从根本上解决存储容量无限扩充的问题。第二种方法虽然理论上可以无限扩充容量，但在传统存储方式下根本无法真正实现。这是因为传统存储方式下设备是挂载在服务器上的，存储设备数量的扩展依赖于所连服务器的性能和可挂载的设备总数，如并行 SCSI 总线最多可连接 15 台设备。二是所存储的数据不易于共享和管理。传统存储方式下存储设备没有独立的软件系统，数据访问必须依赖于特定的平台和文件系统，不易于共享和跨平台操作。另外，在这种方式下数据是依附于服务器分散存储的，对所存储的数据进行备份恢复，以及管理维护都十分困难。而且由于服务器的分散性，造成数据存储时的大量不必要的冗余，浪费了大量的存储空间和管理人员的维护时间。由此可见，传统的存储模式根本无法满足信息时代用户对信息存储不断变化的需求，必须寻找出更能适应时代需求的新型信息存储方式。

在信息时代用户对信息存储需求和网络技术发展的共同作用下，一种全新的信息存储方式——网络存储技术出现了。网络存储技术的出现使信息存储真正成为信息产业中共同关注的焦点，并逐渐形成一个相对独立的发展领域。

目前主流的网络存储技术有：NAS 和 SAN，其他各种网络存储技术都是在此基础上进行改进或融合而成的。关于这两种存储方式以及它们之间的关系，将在后续的章节中重点加以介绍。

相对于传统的存储方式，网络存储主要有以下几个优势：

(1) 实现了海量数据备份设备的共享。在传统存储方式中，大容量的备份设备一直是被相应的服务器独立使用，造成了极大的资源浪费。在网络存储方式下，大容量备份设备直接连接到网络（用户网络或专用网络）上，实现了在各种服务器间对它们的共享，不再独立属于某一个服务器。并且，各服务器将自己的备份任务分时分段地在备份设备上运行，在提高了设备利用率的同时，还节约了构建成本。

(2) 便于存储容量的扩充。前面已经讲过，传统存储方式是不易于扩充存储容量的，而网络存储对存储容量的扩展就相对比较容易可行。利用网络互连的原理，可以实现服务系统不停机的情况下的热替换和增加。而且在 SAN 架构下，利用光纤通道可实现高达 1600 万个存储设备的附接。

(3) 降低网络读取数据的负载，提高了网络的服务质量。网络存储方式下，主要的存取数据流将不再通过服务器，而是直接由用户端到存储设备端。

(4) 实现了分布式环境下对存储信息的集中式管理与维护。网络存储虽然将大量的信息数据分布地存储到网络中的各个存储设备之上，但利用网络协议却可以很方便地实现基于网络的集中式存储管理。实现了数据的跨平台存储和跨系统访问，同时还为海量数据存储的管理与维护提供了可能。

(5) 提高了数据存取的安全可靠性。分布式的存储和远程备份方式直接提高了数据的安全性和可靠性，因数据直接被用户所访问，就消除了数据复制过程中出现错误的可能性，提高了数据的一致性。同时，通过数据备份、镜像等操作，能在存储系统遇到故障或灾难后迅速恢复原有数据。虽然，目前网络存储还存在一定的安全风险，但随着网络安全技术的不断发展，这一现状将会逐渐得到改善。

网络存储目前发展如此迅速的根本原因就在于其数据存储的健壮性上。震惊世界的“9·11”事件发生之后，许多企业因其重要数据损坏或丢失，造成了巨大的经济损失，有些企业甚至因此而倒闭。而那些采用了网络存储方式的企业或部门通过网络存储的远程容灾恢复能力，很快就恢复了正常的业务运作。也就是因为这次恐怖袭击事件才使得网络存储的概念深入人心，成为各大企业竞相发展和部署的重点。

目前，网络存储已经在许多重要的领域得到了应用，尤其是在那些对数据安全要求较高、具有超大容量存储特性、数据存储性能要求较高的行业，如军事部门、金融行业和大型跨国企业机构等。一个典型的例子就是美国的海军情报局 (ONI)，它早在 20 世纪 90 年代中期就认识到网络存储的优势，并与 Net App 公司合作，对其存储基础设施进行了大刀阔斧的改革，接连部署了几代 NetApp 存储解决方案，从而确保其业务的连续性，使珍贵敏感的情报资料处于可靠的存储和严密的权限保护之下。

网络存储技术简述

网络存储以先进的通信网络为基础，并将存储模式从服务器为中心演变成为以网络为中心。网络存储的出现充分说明了数据资源的重要性，也是网络时代与信息时代相结合的必然产物。网络存储很好地解决了存取数据时的一致性、安全性和可靠性，以及数据的管理、共享访问和备份恢复等问题。

1.3.1 NAS

NAS 是“Network Attached Storage”的缩写，译成中文就是“网络附加存储”。简单来讲就是一种直接连接到用户网络 (LAN, Local Area Network) 上，并具有信息存储功能的硬件设备。NAS 是由处理器、文件服务管理模块和存储部分等组成的。它拥有专用的文

件和操作系统，类似于一个经过优化的文件服务器。而且，这种专用的文件操作系统只提供基本的文件存取服务功能，不具备其他多余的服务功能，如多媒体或事务计算等。NAS 使用现有的以太网络和网络文件系统，如 NFS（网络文件系统）和 CIFS（公共互联网文件系统）等，并遵循标准的 TCP/IP 通信协议，实现了文件级的 I/O 数据存取服务。

NAS 具有较高的传输速度和数据可靠性。NAS 设备提供网络接口和 IP 地址，可直接挂到 LAN 上，用户通过 IP 地址也可以很方便地访问到 NAS 设备。另外，NAS 还支持即插即用，所以使用它对整个网络的存储容量进行扩充是十分简便的。NAS 还有很好的异构共享能力，其内置的存储操作系统，可以应用于任何的网络拓扑结构中，使不同操作系统环境下的用户很方便地存取任意格式的文件数据。所以 NAS 在 LAN 环境中实现了异构平台用户间的文件级数据共享。

但是，NAS 也有不足之处：一是数据传输能力有限。在 NAS 中，数据的传输必须通过 LAN。但由于 LAN 中还有用户交互等数据的存在，所以不能满足大量连续数据传输的要求。同时，若 LAN 规模复杂而庞大时，对 NAS 的存取访问会造成 LAN 的堵塞，严重时还会致使网络的瘫痪。二是数据备份能力有限。虽然 NAS 具有远程备份的能力，但它并不能支持存储设备之间的直接备份，无法脱离用户网络。因此，就会占用用户网络的大量资源和带宽，影响到整个网络的服务质量。这些缺陷在一定程度上限制了 NAS 的应用范围，但由于 NAS 的实现比较容易，而且成本较为低廉，所以还是受到了许多中小型用户的认可和应用。

1.3.2 SAN

SAN 是“Storage Area Network”的缩写，中文意思是“存储区域网络”。它是一种利用光纤集线器、光纤路由器、光纤交换机等网络连接设备将磁盘阵列、磁带等存储设备与存储服务器互连起来的高速专用存储网络，因此也可以说 SAN 是一种存储架构，是一种面向网络、以数据为中心的存储模式。SAN 由接口（如 SCSI、光纤通道等）、互连设备（交换设备、网关、路由器、集线器、适配器等）、存储设备（磁盘、磁带等）、SAN 应用服务器和通信控制协议（如 IP 和 SCSI 等）所组成的。SAN 采用可扩展的网络拓扑结构和基于光纤的高速传输通道，提高了对所存放数据的管理与维护能力。而且，由于 SAN 与用户网络相隔离，则存储负载不会影响到用户网络的服务质量，使整个网络存储系统具有很高的效率及可靠性。SAN 还允许独立地扩充存储容量，并为用户提供基于块级的数据存储服务。

SAN 的主要优点为：一是提供了更高的传输带宽。SAN 的数据传输主干是光纤通道，目前光纤通道已经达到了 2Gb/s 的带宽。另外，SAN 还支持设备级的数据访问和备份，能够节省有限的用户网络带宽。二是具有更高的数据安全性和可靠性。基于网络的远程存储方式使存放的数据具有很强的容灾性，而且由于网络的健壮性，也增强了所存放数据在使用时的可靠性。三是传输距离更远。单模光纤的传输距离可达到 10km，使用中继器还可以继续增加其传输距离。而基于 IP 网络的 IP-SAN 则可以在广域网上进行数据的传输，使数据的存取不再受到地域限制。

目前，SAN 的发展还存在着一些不尽人意的地方：一是还不支持异构环境下的应用。SAN 本身缺乏成熟的标准，虽然光纤通道技术标准确实存在，但由于各个厂商对其解释